



Стефанович Д.О., Аликбаева Л.А., Филатова С.А., Якубова И.Ш., Хурцилава О.Г.

Гигиеническая оценка факторов, определяющих содержание взвешенных частиц в атмосферном воздухе городов

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. К приоритетным загрязнителям, по которым оценивают качество атмосферного воздуха урбанизированных территорий, относятся взвешенные частицы PM_{10} и $PM_{2.5}$. Техногенная нагрузка PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе оказывает выраженное негативное влияние на взрослое и детское население. Поступление мелкодисперсных взвешенных частиц в атмосферный воздух происходит в основном при работе двигателей внутреннего сгорания, сжигании твёрдого органического топлива, в результате деятельности промышленных предприятий, а также из-за эрозии дорожного покрытия при движении автотранспорта и истирании тормозных колодок и шин.

Материалы и методы. Оценка содержания взвешенных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе проведена по среднесуточным концентрациям на основании данных стационарных постов контроля загрязнения атмосферного воздуха Архангельска, Краснодара, Красноярска и Санкт-Петербурга. **Результаты.** Для Санкт-Петербурга и Краснодара характерен весенне-летний максимум концентраций, связанный с процессами вторичного пылеобразования частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в период снеготаяния и устойчивых положительных температур, а также с интенсивностью автомобильного трафика. В Красноярске и Архангельске максимальные уровни загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами регистрируются в зимний период, что обусловлено значительной долей твёрдых видов топлива в системе теплоснабжения и благоприятными для рассеивания метеоусловиями. На основании установленной зависимости уровня загрязнения атмосферного воздуха PM -частицами от региональных климатических условий и приоритетных источников эмиссии обоснован комплекс профилактических мероприятий, направленных на снижение концентраций изучаемых загрязнителей. Ключевым принципом является превентивное проведение мероприятий до наступления сезонного максимума концентраций PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе.

Ограничения исследования. Исследование имеет ограничения, связанные с малой статистической мощностью, вследствие недостаточного объёма выборки в Краснодаре за осенний период.

Заключение. Динамика распределения частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе Архангельска, Краснодара, Красноярска и Санкт-Петербурга имеет выраженную сезонную зависимость, определяемую комплексом факторов, среди которых ключевыми являются климатические условия региона, особенности эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса и специфика системы теплоснабжения. Для минимизации риска воздействия PM -частиц на здоровье населения в тёплое время года необходимы меры, направленные на снижение интенсивности автомобильного движения. При использовании твёрдых видов топлива для теплоснабжения приоритетны техническая модернизация теплоэнергетических объектов, внедрение высокоэффективных методов газоочистки, создание и внедрение наилучших доступных технологий, а также возможность перехода на альтернативные виды топлива, в том числе природный газ.

Ключевые слова: атмосферный воздух; взвешенные частицы PM_{10} ; взвешенные частицы $PM_{2.5}$; объекты теплоэнергетики; дорожно-автомобильный комплекс

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует предоставления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Стефанович Д.О., Аликбаева Л.А., Филатова С.А., Якубова И.Ш., Хурцилава О.Г. Гигиеническая оценка факторов, определяющих содержание взвешенных частиц в атмосферном воздухе городов. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(2): 140–148. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-140-148> <https://elibrary.ru/obdzpj>

Для корреспонденции: Аликбаева Лилия Абдуляимовна, e-mail: Liliya.Alikbaeva@szgmu.ru

Вклад авторов: Стефанович Д.О., Филатова С.А. – сбор данных, обзор литературы, проведение статистического анализа, подготовка визуализации данных, анализ и интерпретация результатов, написание текста; Аликбаева Л.А. – разработка концепции и дизайна исследования, ресурсное обеспечение, интерпретация результатов; Якубова И.Ш., Хурцилава О.Г. – разработка концепции и дизайна исследования, ресурсное обеспечение, интерпретация результатов. *Все соавторы* – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование поддержано именным грантом профессора Э.Э. Эйхвальда ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России (2024 г.) и грантом Правительства Санкт-Петербурга (2025 г.).

Поступила: 29.10.2025 / Поступила после доработки: 20.02.2026 / Принята к печати: 24.02.2026 / Опубликована: 13.03.2026

Daria O. Stefanovich, Liliya A. Alikbaeva, Sofia. A. Filatova, Irek Sh.Yakubova, Otari G. Khurtsilava

Hygienic assessment of the factors determining the content of suspended particles in the atmospheric air of cities

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The priority pollutants used to assess the quality of atmospheric air in urbanized areas are particulate matter (PM) with aerodynamic diameters of 10 microns (PM_{10}) and 2.5 microns ($PM_{2.5}$). The anthropogenic emissions of these particulates have a significant adverse impact on both adults' and children's health. The main sources of these fine particulate emissions include the operation of internal combustion engines, combustion of solid organic fuels, industrial activities, and the wear and tear of road surfaces due to vehicular traffic, as well as abrasion from brake pads and tires.

Materials and Methods. The concentration of suspended particulate matter (PM_{10} and $PM_{2.5}$) in atmospheric air was assessed on the base of average daily measurements obtained from stationary air quality monitoring stations in Arkhangelsk, Krasnodar, Krasnoyarsk, and St. Petersburg.

Results. St. Petersburg and Krasnodar are characterized by spring-summer peaks in concentrations of PM_{10} and $PM_{2.5}$ particulate matter due to secondary dust formation processes associated with snow melting and stable positive temperatures, as well as the intensity of automobile traffic. Conversely, in Krasnoyarsk and Arkhangelsk, maximum levels of atmospheric pollution from suspended particles are observed in winter due to the significant use of solid fuels for heating and favorable weather conditions for dispersion. Based on the established relationship between the level of air pollution from particulate matter and regional climatic

conditions, as well as priority emission sources, a series of preventive measures to reduce the concentrations of these pollutants have been justified. The main principle is to implement these measures prior to the onset of seasonal peaks in PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations in the atmosphere.

Limitations. The study has limitations due to its low statistical power, which is a result of an insufficient sample size collected for the autumn season in Krasnodar. **Conclusion.** The distribution dynamics of PM_{10} and $PM_{2.5}$ particle concentrations in the atmospheric air in the cities of Arkhangelsk, Krasnodar, Krasnoyarsk, and St. Petersburg exhibits a pronounced seasonal dependence determined by a combination of factors. Among these factors, climatic conditions in the region, operational characteristics of the road and motor vehicle sectors, and specific features of the heating supply system play a key role. To minimize the risk of particulate matter affecting public health during warmer months, it is necessary to take measures to reduce car traffic intensity. In areas that use solid fuels for heating, the priority must be given to the technical modernization of thermal power plants, the introduction of highly effective gas purification methods, the development and implementation of best available technologies, as well as considering the possibility of switching to alternative fuels, especially natural gas.

Keywords: air pollutants; particulate matter (PM_{10} ; $PM_{2.5}$); vehicle emissions; fossil fuels

Compliance with ethical standards. The study does not require submission of the Biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Stefanovich D.O., Alikbaeva L.A., Filatova S.A., Yakubova I.Sh., Khurtsilava O.G. Hygienic assessment of the factors determining the content of suspended particles in the atmospheric air of cities. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2026; 105(2): 140–148. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-140-148> <https://elibrary.ru/obdzpj> (In Russ.)

For correspondence: Liliya A. Alikbaeva, e-mail: Liliya.Alikbaeva@szgmu.ru

Contributions: Stefanovich D.O., Filatova S.A. – data collection, literature review, statistical analysis, data visualization preparation, analysis and interpretation of the results, drafting of the manuscript; Alikbaeva L.A., Yakubova I.Sh., Khurtsilava O.G. – development of the research concept and design, resource provision, interpretation of the results. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The research was supported by a nominal grant from Professor E.E. Eichwald of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (2024) and a Grant from the Government of St. Petersburg (2025).

Received: October 29, 2025 / Revised: February 20, 2026 / Accepted: February 24, 2026 / Published: March 13, 2026

Введение

Современные исследования показывают, что жители крупных городов ежедневно вдыхают более 10 млрд частиц мелкодисперсной пыли. К приоритетным загрязнителям, по которым оценивают качество атмосферного воздуха (АВ) урбанизированных территорий, относятся взвешенные частицы (ВЧ) PM_{10} и $PM_{2.5}$ ¹. Основные источники ВЧ – эксплуатация двигателей внутреннего сгорания, сжигание органических твёрдых видов топлива (ТВТ), деятельность промышленных предприятий, а также эрозия дорожного покрытия вследствие движения автотранспорта и истирание тормозных колодок и шин [1–4].

Изучению влияния ВЧ на здоровье населения посвящены работы многих отечественных [5–8] и зарубежных [9–11] исследователей. Так, в публикации Zhu С. и соавт. подробно описаны основные механизмы действия частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10} : оксидативный стресс, перекисное окисление липидов, лёгочное и системное воспаление, повышение артериального давления, вазомоторная дисфункция и воспаление в центральной нервной системе [10].

Эпидемиологическими и клиническими исследованиями подтверждено, что высокая техногенная нагрузка PM_{10} и $PM_{2.5}$ в АВ оказывает выраженное негативное влияние на взрослое и детское население, увеличивая риск развития болезней системы кровообращения, болезней дыхательной системы, аллергии [9–14]. Данные литературы свидетельствуют о том, что краткосрочное воздействие высоких концентраций ВЧ ассоциировано с повышенным риском развития инфаркта миокарда, аритмии, ГБ и внезапной сердечной смерти [15, 16]. В настоящее время комбинация загрязнения воздуха и ВЧ включена МАИР в группу 1 перечня канцерогенных факторов [17]. Согласно оценкам проекта «Глобальное бремя болезни» Института показателей и оценки здоровья (ИНМЕ), загрязнение воздуха мелкодисперсными ВЧ является причиной более 4 млн преждевременных смертей в год в мире [18, 19]. На болезни системы кровообращения приходится 93% этой смертности, а на злокачественные новообразования трахеи, бронхов и лёгких – 7%. В связи с этим особенно актуальны разработка и обоснование мероприятий по снижению содержания PM -частиц в АВ населённых мест.

Цель исследования – гигиеническая оценка факторов, влияющих на содержание ВЧ PM_{10} и $PM_{2.5}$ в АВ городов Российской Федерации (Архангельск, Краснодар, Красноярск, Санкт-Петербург) и обоснование комплекса профилактических мероприятий, направленных на снижение распространения этих частиц.

Материалы и методы

Проведена гигиеническая оценка содержания частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в АВ городов, расположенных в различных климатических районах Российской Федерации, согласно схеме климатического районирования²: в Красноярске (I климатический пояс) – на основании данных 77 автоматических станций системы мониторинга состояния АВ; в Архангельске (IIА климатический пояс) – на основании данных стационарного поста (СП) контроля загрязнения АВ; в Санкт-Петербурге (IIВ климатический пояс) – на основании данных 20 автоматических станций мониторинга загрязнения АВ; в Краснодаре (III климатический пояс) – на основании данных четырёх СП. Оценка погодноклиматических условий проведена по данным справочно-информационных порталов «Погода и климат» и «Гисметео», полученным с метеорологических станций Архангельска, Краснодара, Красноярска и Санкт-Петербурга за период с 2012 по 2023 г.

Качество АВ оценивали по среднесуточным концентрациям ВЧ. Для определения динамики содержания PM -частиц в течение года рассчитывали их среднесезонные и среднесезонные концентрации. Полученные данные (в mg/m^3 , mcg/m^3) сравнивали с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

База данных (более 160 000 единиц информации) сформирована с использованием программы Microsoft Excel. Результаты обработаны с помощью методов параметрической статистики: расчёт средних величин и показателей изменчивости ($M \pm \sigma$) и доверительного интервала, регрессионный анализ (уравнение линейной регрессии, метод наименьших квадратов) с применением программно-

¹ Письмо Департамента Госсанэпиднадзора Минздрава РФ № 11/109-111 «О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде, и их влиянии на здоровье населения»; 1997.

² СП 131.13330.2025. Свод правил. Строительная климатология. СНиП 23–01–99» (утверждён и введён в действие приказом Минстроя России от 08.08.2025 г. № 470/пр).

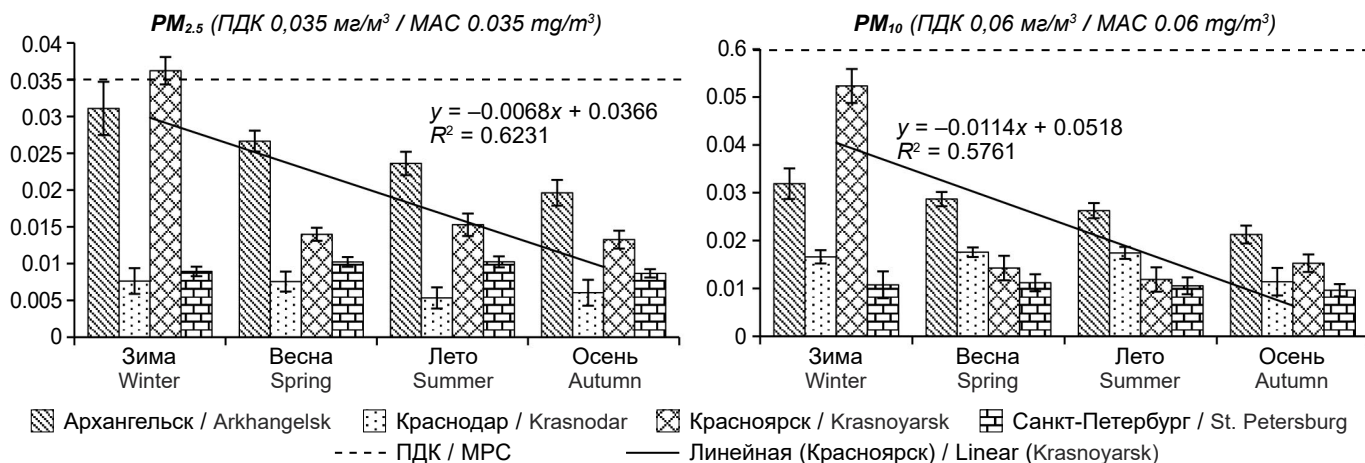


Рис. 1. Содержание $PM_{2.5}$ ($M \pm \sigma$ (С.с., mg/m^3)) и PM_{10} (С.с., mg/m^3) в АВ Архангельска, Краснодара, Красноярска и Санкт-Петербурга по сезонам года за пятилетний период.

Fig. 1. The content of suspended particles $PM_{2.5}$ ($M \pm \sigma$ (Ca.s., mg/m^3)) and PM_{10} (Ca.s., mg/m^3) in the air of Arkhangelsk, Krasnodar, Krasnoyarsk, and St. Petersburg in different seasons over a five-year period.

го обеспечения Microsoft Excel. Распределение показателей в выборочных совокупностях близко к нормальному закону (критерии Колмогорова – Смирнова, Шапиро – Уилка), их сравнение выполняли по двухвыборочному t -критерию Стьюдента. Критический уровень значимости (p) при всех статистических сравнениях принимали равным 0,05.

Результаты

Гигиеническая оценка содержания ВЧ PM_{10} и $PM_{2.5}$ в АВ Архангельска, Краснодара и Санкт-Петербурга за пятилетний период наблюдений не выявила превышений гигиенических нормативов, в то время как в Красноярске зафиксированы систематические превышения среднесуточных ПДК $PM_{2.5}$ в зимний сезон на протяжении всего наблюдаемого периода (рис. 1).

Показатели, характеризующие погодно-климатические условия изучаемых городов, представлены в табл. 1.

Оценка распределения среднесезонных концентраций ВЧ в АВ Санкт-Петербурга в динамике 7 лет (2017–2023 гг.)

показала увеличение содержания частиц весной и летом (рис. 2). Изменения могут быть обусловлены погодно-климатическими условиями региона.

Зимой загрязняющие вещества, поступающие в АВ в результате эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса (ДАК), промышленных выбросов и длительного применения нерастворимых противогололёдных материалов, накапливаются в снежном покрове. В период таяния снега, который в Санкт-Петербурге по многолетним наблюдениям отмечается в конце марта – начале апреля, ВЧ осаждаются на придорожной полосе, однако при установлении положительных температур и усилении ветра происходит их ресуспензия с последующей миграцией в приземный слой атмосферы, что формирует сезонный максимум концентраций PM_{10} и $PM_{2.5}$ в АВ весной.

Подтверждением значительного вклада автомобильного трафика как одного из приоритетных источников поступления ВЧ служат данные за время пандемии COVID-19: в апреле и мае 2020 г. в Санкт-Петербурге было зафиксировано резкое снижение концентраций PM_{10} (в апреле –

Таблица 1 / Table 1

Погодно-климатические условия Санкт-Петербурга, Краснодара, Красноярска и Архангельска за период с 2013 по 2023 г. ($M \pm m$)
Weather and climatic conditions of the cities of St. Petersburg, Krasnodar, Krasnoyarsk, and Arkhangelsk in 2013–2023 ($M \pm m$)

Сезон года Season	Показатель Index	Санкт-Петербург Saint-Petersburg	Краснодар Krasnodar	Красноярск Krasnoyarsk	Архангельск Arkhangelsk
Зима Winter	Температура, °C Temperature, °C	-4.10 ± 1.39	1.70 ± 0.82	-13.70 ± 1.71	-10.17 ± 1.76
	Осадки, мм Atmospheric precipitations, mm	133 ± 7.64	187 ± 8.33	63 ± 8.72	111 ± 8.02
	Скорость движения воздуха, м/с Air speed, m/s	2.17 ± 0.12	2.67 ± 0.21	2.57 ± 0.21	2.80 ± 0.05
Весна Spring	Температура, °C Temperature, °C	5.23 ± 0.25	8.93 ± 1.46	2.97 ± 0.12	0.93 ± 0.2
	Осадки, мм Atmospheric precipitations, mm	119 ± 6.43	170 ± 9.24	96 ± 14.73	121 ± 9.54
	Скорость движения воздуха, м/с Air speed, m/s	2.53 ± 0.15	2.73 ± 0.31	2.32 ± 0.12	2.77 ± 0.06
Лето Summer	Температура, °C Temperature, °C	17.53 ± 1.50	20.37 ± 3.94	17.37 ± 1.55	14.40 ± 1.84
	Осадки, мм Atmospheric precipitations, mm	238 ± 9.07	187 ± 19.76	211 ± 5.51	222 ± 8.54
	Скорость движения воздуха, м/с Air speed, m/s	1.83 ± 0.06	2.10 ± 0.1	2.00 ± 0.12	2.43 ± 0.06
Осень Autumn	Температура, °C Temperature, °C	6.50 ± 5.76	12.80 ± 6.45	1.37 ± 8.24	2.37 ± 6.50
	Осадки, мм Atmospheric precipitations, mm	176 ± 3.79	178 ± 7.64	136 ± 8.50	181 ± 8.62
	Скорость движения воздуха, м/с Air speed, m/s	2.30 ± 0.36	2.13 ± 0.15	2.40 ± 0.35	2.70 ± 0.20

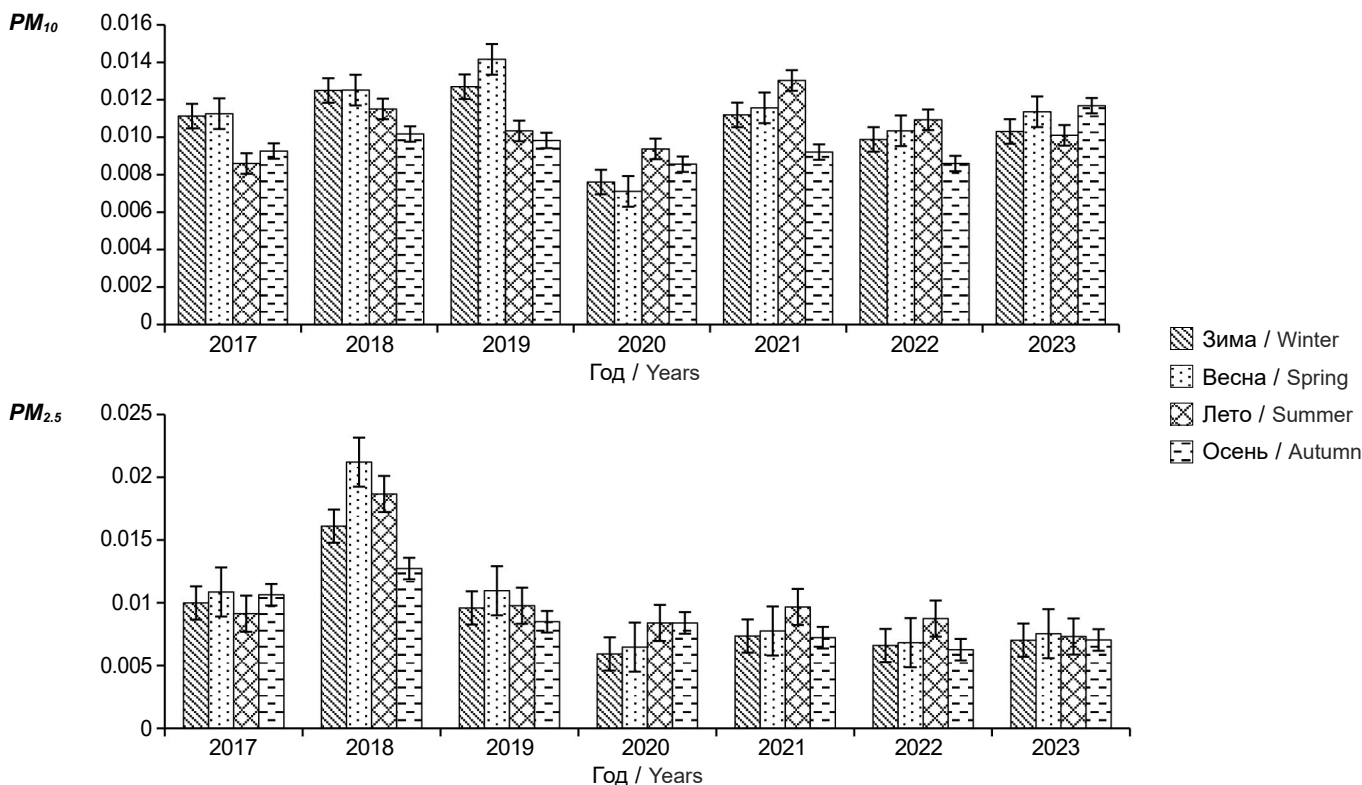


Рис. 2. Содержание ВЧ PM₁₀ и PM_{2.5} в АВ Санкт-Петербурга по сезонам года в 2017–2023 гг., $M \pm \sigma$ (С.с.с., мг/м³).
Fig. 2. The content of suspended particles PM₁₀ and PM_{2.5} in the air of St. Petersburg by seasons in 2017–2023, $M \pm \sigma$ (Ca.d., mg/m³).

0,00689 ± 0,000428 мг/м³; в мае – 0,00714 ± 0,000436 мг/м³) и PM_{2.5} (в апреле – 0,00516 ± 0,00184 мг/м³; в мае – 0,00565 ± 0,00412 мг/м³), обусловленное ограничительными мероприятиями. В этот период значительно уменьшился поток городского автомобильного транспорта. В июне, после ослабления ограничений, содержание частиц в АВ значительно возросло (PM₁₀ – 0,0162 ± 0,00869 мг/м³; PM_{2.5} – 0,1094 ± 0,0068 мг/м³) (рис. 3).

В 2021 и 2022 гг. среднесезонное содержание ВЧ в АВ летом было выше, чем весной. Среднемесячная концентрация ВЧ PM₁₀ в июне 2021 г., максимальная за весь исследуемый пятилетний период, составила 0,0162 ± 0,0006 мг/м³. Анализ погодных-климатических условий показал, что средняя температура воздуха в июне 2021 г. (плюс 21,4 ± 0,78 °С при климатической норме плюс 16,5 °С) была максимальной для аналогичных исследуемых периодов. В 2022 г. наи-

большие среднесезонные концентрации ВЧ PM₁₀ и PM_{2.5} отмечены в августе: 0,014098 ± 0,009 и 0,011189 ± 0,006 мг/м³ соответственно. По результатам проведенного исследования установлено, что средняя температура воздуха в августе 2022 г. значительно превысила многолетние значения: плюс 20,6 ± 1,04 °С при климатической норме плюс 17,5 °С. Это объясняет различия в содержании взвешенных частиц в атмосферном воздухе (рис. 4).

Уравнение регрессии показывает умеренную положительную связь ($y = 624,79x + 14,313$; $r = 0,47$) между содержанием ВЧ в атмосферном воздухе Санкт-Петербурга и средней температурой воздуха (рис. 5).

Аналогичная сезонная динамика (увеличение концентраций ВЧ весной и летом) выявлена в Краснодаре, где весной отмечаются минимальное количество осадков и высокая скорость ветра, способствующие миграции пыли,

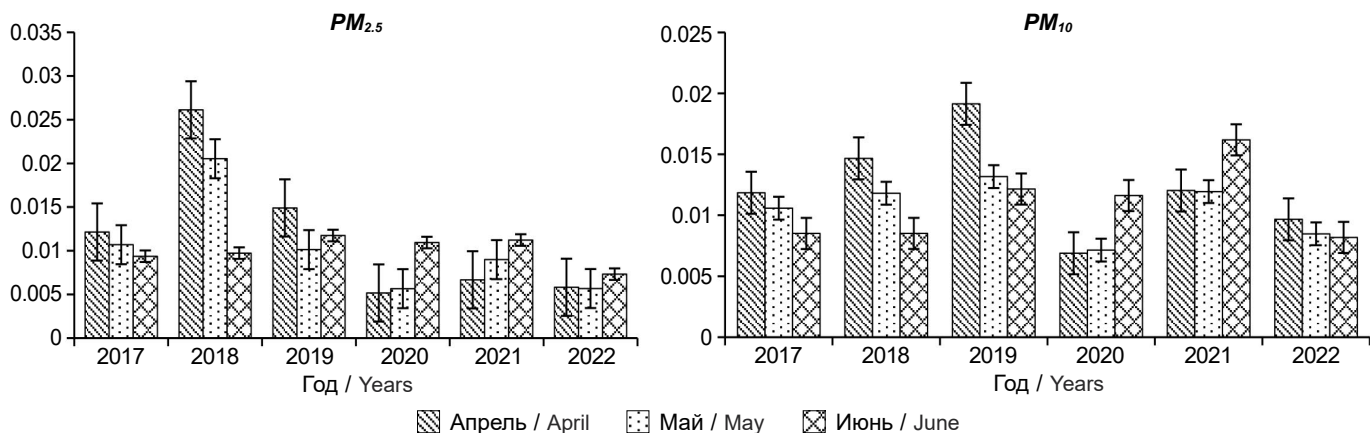


Рис. 3. Содержание ВЧ PM_{2.5} и PM₁₀ в АВ Санкт-Петербурга в апреле и июне (2017–2022 гг.), $M \pm \sigma$ (С.с.с., мг/м³).
Fig. 3. The content of suspended particles PM_{2.5} and PM₁₀ in the air of St. Petersburg in April and June (2017–2022), $M \pm \sigma$ (Ca.d., mg/m³).

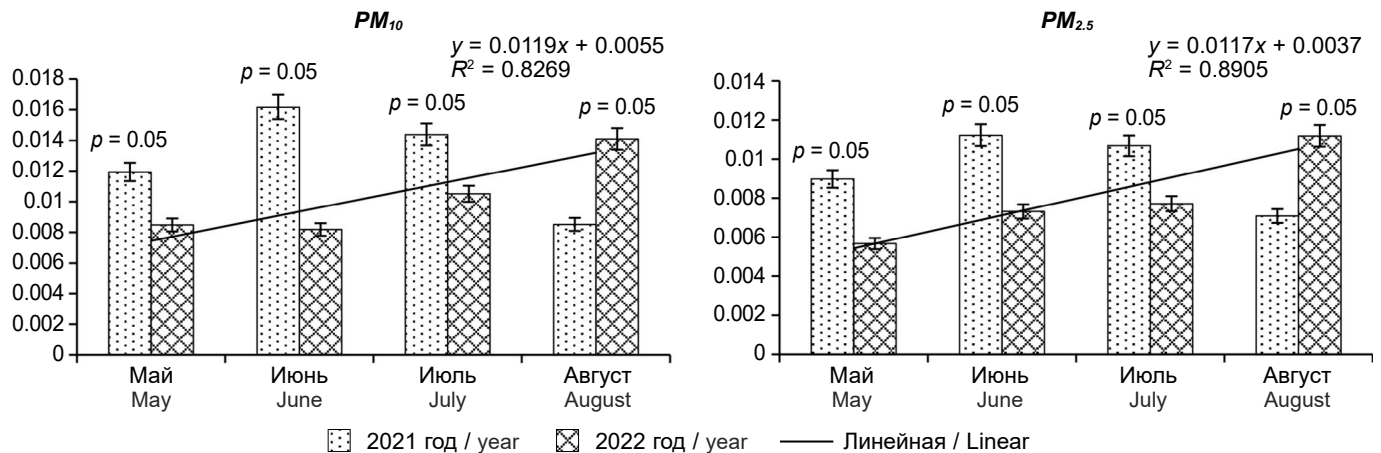


Рис. 4. Содержание ВЧ PM_{10} и $PM_{2.5}$ в АВ Санкт-Петербурга с мая по август (2021–2022 гг.), $M \pm \sigma$ (С.с., мг/м³).

Fig. 4. The content of suspended particles PM_{10} and $PM_{2.5}$ in the air of St. Petersburg from May to August (2021–2022), $M \pm \sigma$ (Ca.d., mg/m³).

а летом – высокая среднесуточная температура. Увеличение концентраций PM_{10} и $PM_{2.5}$ в АВ Краснодара начинается в середине марта с пиком превышений среднесуточных ПДК в апреле – мае и снижением в сентябре, среднесезонные различия статистически значимы ($p < 0,05$) (табл. 1; рис. 6).

В отличие от Санкт-Петербурга и Краснодара оценка динамики распространения ВЧ в АВ Красноярска (2018–2023 гг. для PM_{10} и 2019–2023 гг. для $PM_{2.5}$) и Архангельска выявила тенденцию к увеличению содержания частиц в зимний период, что может быть обусловлено сходством факторов, влияющих на миграцию PM_{10} и $PM_{2.5}$ в АВ, в том числе из-за особенностей систем теплоснабжения и климатических условий. Зимой в Красноярске и Архангельске фиксируются максимальные скорости ветра и минимальное количество осадков, что способствует миграции частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ от источников, в том числе объектов топливно-энергетического комплекса. Летом же скорости ветра минимальны, а суммы осадков максимальны (см. табл. 1; рис. 7, 8).

Важнейший антропогенный фактор, определяющий сезонный рост концентраций ВЧ в АВ, – работа объектов теплоснабжения. Приоритетом развития внутреннего рынка газа остаётся газификация регионов нашей страны. В настоящее время природным газом газифицированы 78 субъектов Российской Федерации, в том числе Краснодар и Санкт-Петербург, использующие на предприятиях ТЭЦ и в котельных только природный газ. В Красноярске основным топливом для трёх ТЭЦ и 35 котельных служит низкокалорийный бурый уголь с высокой зольностью, воздействию выбросов этих котельных подвергаются более 1 млн жителей [20]. В Архангельске теплоснабжение обеспечивается одной ТЭЦ, работающей на природном газе, и 42 котельными, в 31 из которых используется в качестве приоритетного топлива каменный уголь. Основные компоненты выбросов объектов топливно-энергетического комплекса – твёрдые вещества, в составе которых доминируют ВЧ респираторных фракций.

Согласно ретроспективным данным, отопительный сезон в Красноярске и Архангельске начинается в середине сентября, а пиковая нагрузка на систему теплоснабжения, синхронная с периодом минимальных среднесуточных температур, приходится на середину января. Этот период соответствует сезонному максимуму загрязнения АВ в Красноярске и Архангельске.

Для оценки вклада объектов теплоснабжения в загрязнение атмосферного воздуха проведён ретроспективный анализ выбросов твёрдых веществ в результате сжигания топлива в четырёх исследуемых городах, различающихся по типу используемого топлива (табл. 2). Анализ характеризует период 2019–2023 гг. на основе данных формы федерально-

го статистического наблюдения № 2-ТП (отходы) (приказ Росстата от 06.11.2025 г. № 614 «Об утверждении формы федерального статистического наблюдения № 2-ТП (отходы) «Сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления» и указаний по её заполнению»).

В Красноярске, регионе с максимальным выбросом твёрдых веществ, за исследуемый пятилетний период прослеживается отчётливая тенденция снижения объёма выброса твёрдых веществ в атмосферный воздух от сжигания топлива и среднегодовых концентраций ВЧ PM_{10} и $PM_{2.5}$. Валовой объём выбросов твёрдых веществ сократился с 12 677,6 т в 2019 г. до 8120,5 т в 2023 г., что в относительном выражении составляет 35,9%. На этом фоне зафиксировано снижение среднегодовых концентраций ВЧ PM_{10} с 0,0322 до 0,0209 мг/м³, то есть на 35,1%. Также отмечено снижение содержания фракции $PM_{2.5}$: с 0,0196 мг/м³ в 2019 г. до 0,0182 мг/м³ в 2023 г. Меньшее снижение концентраций $PM_{2.5}$ может свидетельствовать об особенностях состава выброса ТЭЦ – преобладании ВЧ PM_{10} (рис. 9).

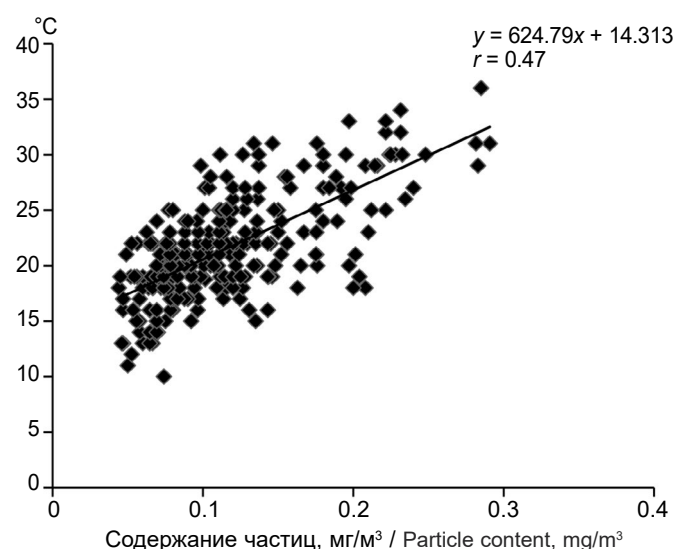


Рис. 5. Зависимость содержания взвешенных частиц в атмосферном воздухе Санкт-Петербурга от температуры атмосферного воздуха в весенний и летний периоды (2017–2023 гг.).

Fig. 5. Dependence of the content of suspended particles in the atmospheric air of St. Petersburg on the temperature of atmospheric air in the spring and summer periods (2017–2023).

Original article

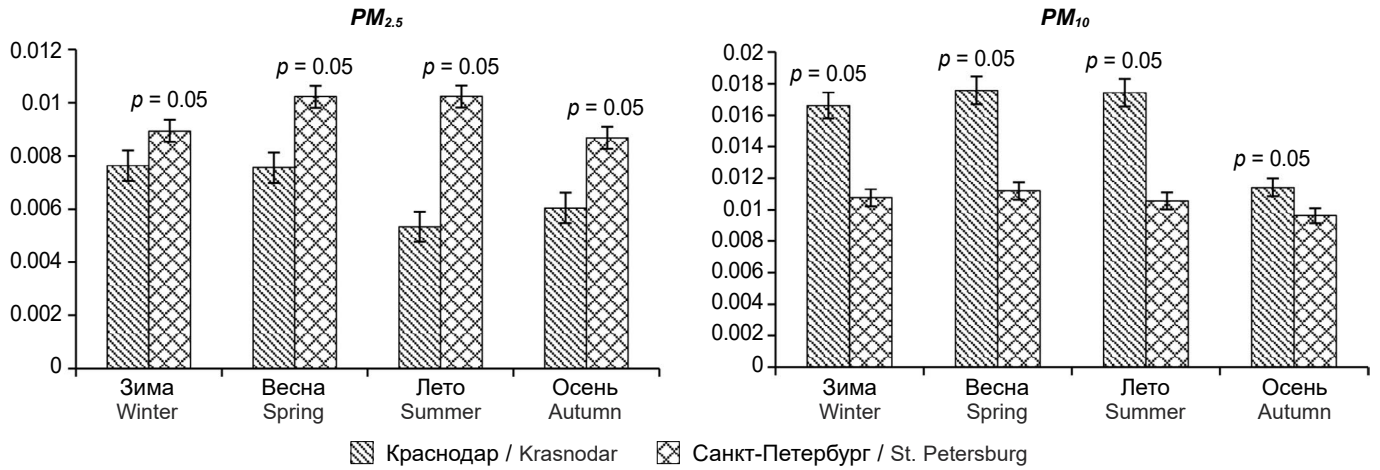


Рис. 6. Содержание ВЧ $PM_{2.5}$ и PM_{10} в АВ Краснодара и Санкт-Петербурга по сезонам года за пятилетний период (Сс.с., mg/m^3).
Fig. 6. The content of suspended particles $PM_{2.5}$ and PM_{10} in the air of Krasnodar and St. Petersburg by seasons over a five-year period (Ca.d., mg/m^3).

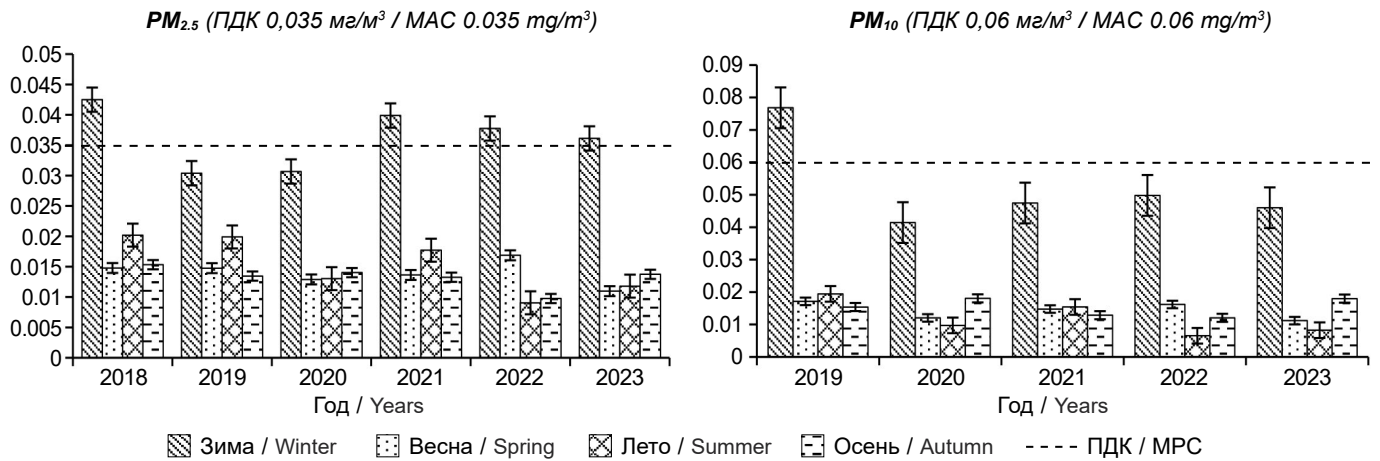


Рис. 7. Динамика распределения среднесезонных концентраций ВЧ $PM_{2.5}$ и PM_{10} в АВ Красноярска (2018–2023 гг.), $M \pm \sigma$ (Сс.с., mg/m^3).
Fig. 7. Trend in the distribution of average seasonal concentrations of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in the Krasnoyarsk air (2018–2023), $M \pm \sigma$ (Ca.d., mg/m^3).

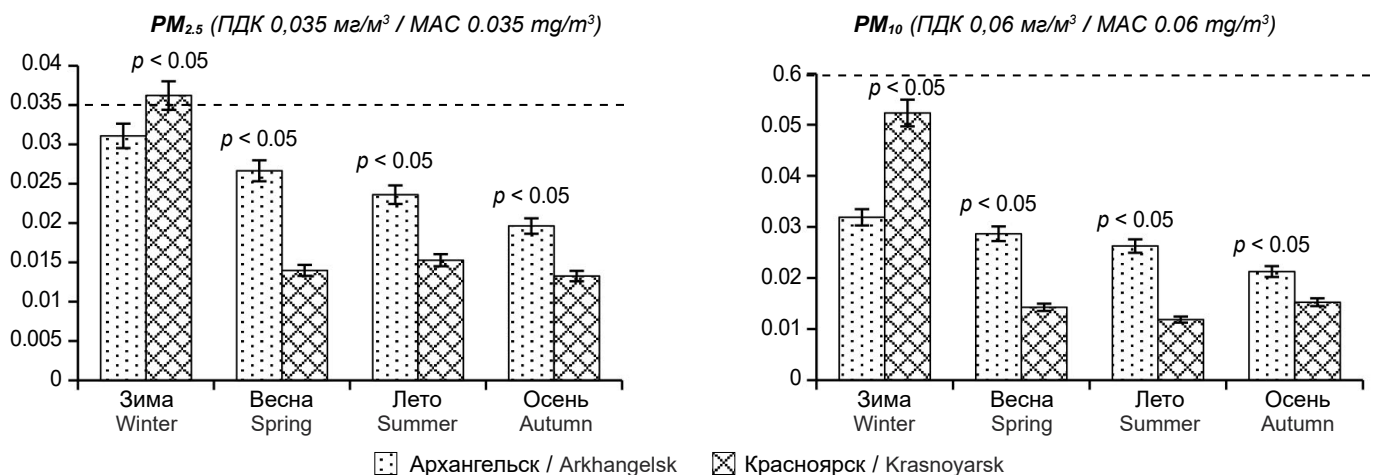


Рис. 8. Содержание ВЧ $PM_{2.5}$ и PM_{10} в АВ Архангельска и Красноярска по сезонам года за пятилетний период (Сс.с., mg/m^3).
Fig. 8. The content of suspended particles $PM_{2.5}$ and PM_{10} in the air of Arkhangelsk and Krasnoyarsk in different seasons over a five-year period (Ca.d., mg/m^3).

Таблица 2 / Table 2

Характеристика объектов теплоснабжения и динамика выбросов твёрдых веществ в Архангельске, Краснодаре, Красноярске и Санкт-Петербурге (2019–2023 гг.)**Characteristics of heat supply facilities and trend in solid emissions in Arkhangelsk, Krasnodar, Krasnoyarsk and St. Petersburg (2019–2023)**

Параметр Parameter	Архангельск Arkhangelsk	Краснодар Krasnodar	Красноярск Krasnoyarsk	Санкт-Петербург St. Petersburg	
Общая характеристика системы теплоснабжения General characteristics of the heat supply system	Число ТЭЦ, всего Number of thermal power plants, total	1	1	3	15
	Число котельных, всего Number of boiler houses, total	42	200	35	703
Характеристика используемого топлива Characteristics of the fuel used	Основной вид топлива на ТЭЦ The main type of fuel at thermal power plants	Природный газ Natural gas	Природный газ Natural gas	Бурый уголь высокой степени зольности Brown coal of high ash content	Природный газ Natural gas
	Основной вид топлива в котельных The main type of fuel in boiler houses	Каменный уголь (74% котельных) Hard coal (74% of boiler houses)	Природный газ Natural gas	Бурый уголь высокой степени зольности Brown coal of high ash content	Природный газ Natural gas
Выбросы твёрдых веществ от сжигания топлива, т Emissions of solid substances from fuel combustion, tons	2019 год / year	2242.11	22.92	12 677.58	881.72
	2020 год / year	2243.18	41.87	10 996.24	891.25
	2021 год / year	2286.21	69.47	11 400.13	1334.05
	2022 год / year	1520.90	26.55	8 695.04	1306.36
	2023 год / year	1459.75	72.51	8 120.52	1385.37

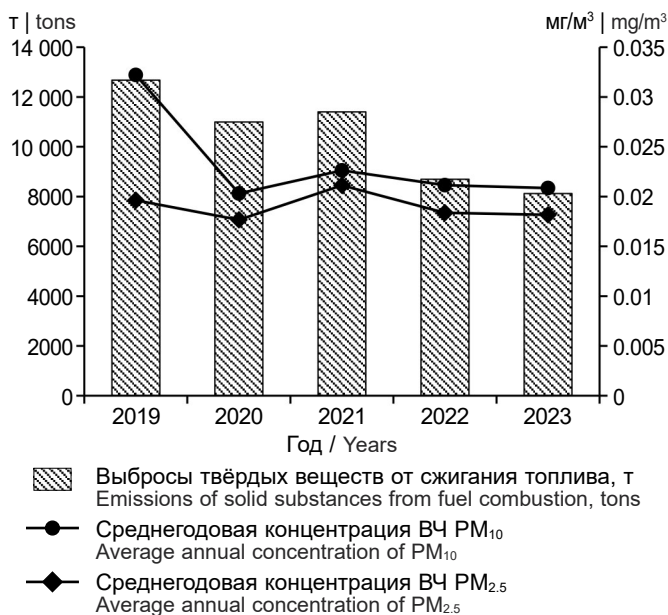


Рис. 9. Динамика среднегодового содержания взвешенных частиц PM₁₀ и PM_{2,5} в атмосферном воздухе Красноярска (С.г., мг/м³) и выбросы твёрдых веществ от сжигания топлива, т.

Fig. 9. Trend in the content of suspended particles PM₁₀ and PM_{2,5} in the atmospheric air of Krasnoyarsk (Ca.a., mg/m³) and emissions of solids from fuel combustion, tons.

К эффективным мероприятиям, направленным на снижение концентрации ВЧ в АВ урбанизированных территорий, следует отнести своевременные уборочные работы на городских автомобильных дорогах. Анализ периодов уборочных мероприятий в Красноярске и Архангельске показывает сходство с регламентом, принятым в Санкт-Петербурге: летний сезон – с 16 апреля по 15 октября, зимний – с 16 октября по 15 апреля. В Архангельске эти периоды смещены: с 22 апреля по 19 октября – летний, с 20 октября по 21 апреля – зимний. В то же время мониторинг АВ в указанных городах выявил устойчивую тенденцию

значительного повышения концентраций ВЧ с октября в Архангельске и с ноября в Красноярске. Такая динамика указывает на необходимость изменения регламентов дорожно-эксплуатационных мероприятий зимой для снижения концентрации ВЧ, поступающих из различных источников.

Обсуждение

Анализ многолетней динамики сезонного распределения содержания ВЧ фракций PM₁₀ и PM_{2,5} в АВ урбанизированных территорий выявил зависимость уровня загрязнения от региональных климатических условий и приоритетных источников эмиссии. На основании установленных закономерностей обоснован комплекс профилактических мероприятий, направленных на снижение концентраций изучаемых загрязнителей.

Ключевой аспект предлагаемых мероприятий – дифференцированный подход к регулированию сроков проведения дорожно-эксплуатационных работ. Для Санкт-Петербурга, где увеличение содержания ВЧ регистрируется с середины марта вследствие процессов вторичного пылеобразования при снеготаянии, предложена корректировка технологического регламента: перенос начала летнего периода обслуживания дорог с 16 апреля на 16 марта. Для Красноярска, где соответствующие сроки не регламентированы, установлен период летней уборки дорог и прилегающих территорий с 1 марта по 10 октября, что соответствует выявленной динамике сезонных колебаний концентраций PM₁₀ и PM_{2,5}.

Следует отметить, что в тёплый период года содержание ВЧ в АВ Санкт-Петербурга, Красноярска, Красноярска и Архангельска не имеет статистически значимых различий. Это указывает на универсальность источников загрязнения ДАК и подтверждает необходимость реализации единого комплекса профилактических мероприятий в тёплый сезон для всех исследуемых городов. К таким мероприятиям относятся градостроительные и транспортные решения, направленные на сокращение интенсивности автомобильного движения (например, летом в Санкт-Петербурге расширение зон пешеходной доступности в исторической части города), а также озеленение придорожных территорий для барьерного пылеподавления (создание многоярусной структуры кустарникового подлеска на расстоянии 70 см от проезжей части с высотой насаждений от 70 см до 1,5 м и др.) [21, 22].

В отличие от универсальных мер для тёплого периода подход к снижению зимних концентраций требует учёта региональной специфики источников эмиссии. В городах с преобладанием газового топлива в системе теплоснабжения (99,7% в Санкт-Петербурге и Краснодаре) пик загрязнения АВ ВЧ приходится на тёплый период года. В то же время в городах с длительным отопительным сезоном и использованием ТВТ (Красноярск, Архангельск) зафиксирован зимний максимум концентраций PM_{10} и $PM_{2,5}$, обусловленный сочетанным воздействием выбросов от объектов теплоэнергетики и неблагоприятных для рассеивания метеорологических условий.

Для снижения зимних пиков концентраций PM_{10} и $PM_{2,5}$ в Красноярске и Архангельске необходимо внести корректировку в соответствующие регламенты содержания дорог («Правила благоустройства территории города Красноярска», «Технологический регламент производства работ по уборке автомобильных дорог общего пользования местного значения в городе Архангельске»). Целесообразно установить начало мероприятий по пылеподавлению с использованием нефрикционных, жидких противогололёдных материалов, обладающих связывающей способностью, в ноябре для Красноярска и октябре для Архангельска, что соответствует началу устойчивого роста уровня загрязнения АВ ВЧ PM_{10} и $PM_{2,5}$. Особое внимание следует уделить применению в холодный период обеспыливающих жидкостей на основе хлоридов, исключающих образование гололёда и снижающих солесацию ВЧ.

Наиболее сложной задачей является снижение выбросов от стационарных источников теплоэнергетики. Даже модернизация газоочистного оборудования в 2021 г. на Красноярской ТЭЦ-1 в рамках федерального проекта «Чистый воздух» (замена циклонных золоуловителей на электрофильтры) не привела к полному соответствию санитарно-гигиеническим нормативам содержания PM_{10} и $PM_{2,5}$ в АВ. Это указывает на необходимость реализации дополнительных мер, таких как предварительное обогащение угля для снижения зольности, применение химических присадок для коагуляции мелкодисперсных частиц и, в долгосрочной перспективе, переход на более экологичные виды топлива (природный газ) [23, 24].

Таким образом, разработка профилактических мероприятий требует комплексного подхода, учитывающего специфику источников загрязнения и климатические особенности каждого региона. Ключевым принципом является

превентивное проведение мероприятий — до наступления сезонного максимума концентраций PM_{10} и $PM_{2,5}$ в АВ.

Заключение

Выполненные исследования позволили установить, что динамика содержания ВЧ PM_{10} и $PM_{2,5}$ в АВ Архангельска, Красноярска, Красноярска и Санкт-Петербурга имеет выраженную сезонность, определяемую комплексом факторов, среди которых ключевыми являются климатические условия региона, особенности эксплуатации ДАК и специфики системы теплоснабжения.

Определено, что для Санкт-Петербурга и Красноярска характерен весенне-летний максимум концентраций ВЧ, связанный с процессами вторичного пылеобразования (солесации) в период снеготаяния и устойчивых положительных температур и автомобильным трафиком. В Красноярске и Архангельске максимальные уровни загрязнения АВ PM -частицами регистрируются в зимний период, что обусловлено значительной долей ТВТ в системе теплоснабжения и благоприятными для рассеивания метеорологическими условиями.

Для минимизации риска воздействия ВЧ на здоровье городского населения в тёплое время года необходимы меры, направленные на снижение интенсивности автомобильного движения и обоснованное озеленение придорожной территории. В регионах, использующих ТВТ для теплоснабжения, приоритетными являются техническая модернизация теплоэнергетических объектов, внедрение высокоэффективных методов газоочистки, разработка и применение наилучших доступных технологий, а также переход на альтернативные виды топлива, в том числе природный газ.

Эффективность комплекса профилактических мероприятий по снижению загрязнения АВ исследуемых городов может быть повышена за счёт оптимизации и превентивного проведения уборочных работ на автомобильных дорогах до наступления сезонных пиков концентраций ВЧ. В существующие регламенты обслуживания автомобильных дорог целесообразно внести дополнения и изменения, предусматривающие проведение мероприятий по обеспыливанию, в том числе с применением средств пылеподавления, а также использование жидких противогололёдных материалов для предотвращения смерзаемости в периоды перехода температур через 0°C и при отрицательных температурах, что позволит снизить вклад солесации в общее загрязнение АВ.

Литература

(п.п. 9–19 см. References)

- Аликбаева Л.А., Колодий С.П., Бек А.В. Гигиеническая оценка класса опасности отходов дорожно-автомобильного комплекса. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(8): 711–6. <https://elibrary.ru/zgcszcx>
- Аликбаева Л.А., Колодий С.П., Стаскова Д.О., Якубова И.Ш., Крутикова Н.Н., Мошев А.Н. и др. Оценка содержания взвешенных веществ PM_{10} и $PM_{2,5}$ в атмосферном воздухе Санкт-Петербурга. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2022; (4): 5–12. https://doi.org/10.47843/2074-9120_2022_4_5 <https://elibrary.ru/dbgftf>
- Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Еремин Г.Б. Гигиеническая характеристика воздушного бассейна в районе интенсивной эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(6): 373–80. <https://elibrary.ru/espjzy>
- Леванчук А.В. Загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа автомобильно-дорожного комплекса. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(6): 17–21. <https://elibrary.ru/tfantx>
- Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Волкова О.А., Колпаков Ф.А. О роли загрязнения воздуха взвешенными частицами в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний. Меры профилактики. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2020; 19(3): 71–7. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2020-2421> <https://elibrary.ru/wjguvk>
- Колпакова А.Ф. О связи антропогенного загрязнения воздуха взвешенными частицами с риском развития онкологических заболеваний (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2020; 99(3): 298–302. <https://elibrary.ru/hbbtwu>
- Нахратова О.В., Цыганкова Д.П., Баздырев Е.Д. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами на риск сердечно-сосудистых заболеваний (обзор). *Экология человека*. 2022; (8): 531–46. <https://doi.org/10.17816/humecol04609> <https://elibrary.ru/osafti>
- Фатхутдинова Л.М., Тафеева Е.А., Тимербулатова Г.А., Залялов Р.Р. Риски здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными взвешенными частицами. *Казанский медицинский журнал*. 2021; 102(6): 862–76. <https://doi.org/10.17816/KMJ2021-82> <https://elibrary.ru/jftzqz>
- Андрешунас А.М., Клейн С.В., Горяев Д.В., Балашов С.Ю., Загороднов С.Ю. Гигиеническая оценка эффективности воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(11): 1290–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298> <https://elibrary.ru/nvnitk>
- Ревич Б.А. Планирование городских территорий и здоровье населения: аналитический обзор. *Анализ риска здоровью*. 2022; (1): 157–69. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.17> <https://elibrary.ru/ajevgs>
- Ревич Б.А. Значение зеленых пространств для защиты здоровья населения городов. *Анализ риска здоровью*. 2023; (2): 168–85. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.2.17> <https://elibrary.ru/rhupcq>
- Зайцева Н.В., Май И.В. Качество атмосферного воздуха и показатели риска здоровью как объективные критерии результативности воздухоохранной деятельности на территориях городов-участников федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью*. 2023; (1): 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01> <https://elibrary.ru/omvwle>
- Зайцева Н.В., Клейн С.В., Андрешунас А.М., Балашов С.Ю., Чигвинцев В.М. Гигиеническая оценка влияния автономных источников теплоснабжения на качество атмосферного воздуха и формирование рисков здоровью населения. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023; 15(6): 308–27. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-6-991> <https://elibrary.ru/gknyjt>

References

- Alikbaeva L.A., Kolodiy S.P., Bek A.V. Hygienic evaluation of the class hazard of discharges from road-vehicles complex. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(8): 711–6. <https://elibrary.ru/zgcszx> (in Russian)
- Alikbaeva L.A., Kolodiy S.P., Stashkova D.O., Iakubova I.Sh., Krutikova N.N., Moshchev A.N., Ryzhkov A.L. Evaluation of the content of suspended substances PM₁₀ and PM_{2.5} in the atmospheric air of Saint Petersburg. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*. 2022; (4): 5–12. https://doi.org/10.47843/2074-9120_2022_4_5 <https://elibrary.ru/dbgftf> (in Russian)
- Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V., Yeregin G.B. Hygienic characteristics of the atmospheric air in the area of intensive use of the road-car complex. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(6): 373–80. <https://elibrary.ru/cspjzy> (in Russian)
- Levanchuk A.V. Environmental pollution by products of wear and tear automobile-road complex. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2014; 93(6): 17–21. <https://elibrary.ru/ftantx> (in Russian)
- Kolpakova A.F., Sharipov R.N., Volkova O.A., Kolpakov F.A. Role of air pollution by particulate matter in the pathogenesis of cardiovascular diseases. prevention measures. *Kardiologicheskaya terapiya i profilaktika*. 2020; 19(3): 71–7. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2020-2421> <https://elibrary.ru/wjgukv> (in Russian)
- Kolpakova A.F. On the relationship of anthropogenic air pollution by particulate matter with cancer risk. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(3): 298–302. <https://elibrary.ru/hbttwu> (in Russian)
- Nakhratova O.V., Tsygankova D.P., Bazdyrev E.D. Impact of air pollution with particulate particles on the risk of cardiovascular diseases (review). *Ekologiya cheloveka*. 2022; (8): 531–46. <https://doi.org/10.17816/humeco104609> <https://elibrary.ru/osafti> (in Russian)
- Fatkhutdinova L.M., Tafeeva E.A., Timerbulatova G.A., Zalyalov R.R. Health risks of air pollution with fine particulate matter. *Kazanskii meditsinskii zhurnal*. 2021; 102(6): 862–76. <https://doi.org/10.17816/KMJ2021-862> <https://elibrary.ru/jftzqz> (in Russian)
- Choi J.H., Kim J.S., Kim Y.C., Kim Y.S., Chung N.H., Cho M.H. Comparative study of PM_{2.5}- and PM₁₀-induced oxidative stress in rat lung epithelial cells. *J. Vet. Sci.* 2004; 5(1): 11–8.
- Zhu C., Maharajan K., Liu K., Zhang Y. Role of atmospheric particulate matter exposure in COVID-19 and other health risks in human: A review. *Environ. Res.* 2021; 198: 111281. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111281>
- Zoran M.A., Savastru R.S., Savastru D.M., Tautan M.N. Assessing the relationship between surface levels of PM_{2.5} and PM₁₀ particulate matter impact on COVID-19 in Milan, Italy. *Sci. Total Environ.* 2020; 738: 139825. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139825>
- Bontinck A., Maes T., Joos G. Asthma and air pollution: recent insights in pathogenesis and clinical implications. *Curr. Opin. Pulm. Med.* 2020; 26(1): 10–9. <https://doi.org/10.1097/mcp.0000000000000644>
- Takizawa H. Impacts of particulate air pollution on asthma: Current understanding and future perspectives. *Recent Pat. Inflamm. Allergy Drug Discov.* 2015; 9(2): 128–35. <https://doi.org/10.2174/1872213x09666150623110714>
- Schultz A.A., Schauer J.J., Malecki K.M. Allergic disease associations with regional and localized estimates of air pollution. *Environ. Res.* 2017; 155: 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.01.039>
- Chen K., Schneider A., Cyrys J., Wolf K., Meisinger C., Heier M., et al. Hourly exposure to ultrafine particle metrics and the onset of myocardial infarction in Augsburg, Germany. *Environ. Health Perspect.* 2020; 128(1): 17003. <https://doi.org/10.1289/ehp5478>
- Cesaroni G., Forastiere F., Stafoggia M., Andersen Z.J., Badaloni C., Beelen R., et al. Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ*. 2014; 348: f7412. <https://doi.org/10.1136/bmj.f7412>
- IARC. Outdoor air pollution. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 109; 2016. Available at: <https://publications.iarc.who.int/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Outdoor-Air-Pollution-2015>
- Emission Impossible. A special report on global exposure to air pollution and its health impacts, with a focus on children's health. Health Effects Institute: The State of Global Air; 2024. Available at: <https://emissionimpossible.co.nz/news-archive/hei-stateofglobalair-2024>
- Rojas M.R., Vachon J., Laouan Sidi E.A., Blais C., Liu Y., Smargiassi A., et al. Long-term exposure to ambient PM_{2.5} and mortality: A comparison of between-subjects and within-subjects survival analysis. *Environ. Epidemiol.* 2025; 9(2): e378. <https://doi.org/10.1097/ee9.0000000000000378>
- Andrishunas A.M., Kleyn S.V., Goryaev D.V., Balashov S.Yu., Zagorodnov S.Yu. Hygienic assessment of air protection activities at heat-and-power engineering enterprises. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(11): 1290–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298> <https://elibrary.ru/nvnitk> (in Russian)
- Revich B.A. Urban planning and public health: analytical review. *Health Risk Analysis*. 2022; (1): 147–61. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.17> <https://elibrary.ru/duongk>
- Revich B.A. The significance of green spaces for protecting health of urban population. *Health Risk Analysis*. 2023; (2): 168–85. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.2.17> <https://elibrary.ru/qngqhc>
- Zaitseva N.V., May I.V. Ambient air quality and health risks as objective indicators to estimate effectiveness of air protection in cities included into the «Clean air» federal project. *Health Risk Analysis*. 2023; (1): 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01> <https://elibrary.ru/daavxq>
- Zaitseva N.V., Klein S.V., Andrishunas A.M., Balashov S.Yu., Chigvintsev V.M. Hygienic assessment of the impact of off-grid heat sources on ambient air quality and the formation of public health risks. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023; 15(6): 308–27. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-6-991> <https://elibrary.ru/gknyjt> (in Russian)

Сведения об авторах

Стефанович Дарья Олеговна, аспирант 2-го курса, ассистент, зав. лаб. каф. общей и военной гигиены СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Daria.Stefanovich@szgmu.ru

Аликбаева Лилия Абдулхамидовна, доктор мед. наук, профессор, зав. каф. общей и военной гигиены СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Liliya.Alikbaeva@szgmu.ru

Филатова Софья Александровна, студент 6-го курса Института профилактической медицины СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Sofia.Filatova@szgmu.ru

Якубова Ирек Шавакатовна, доктор мед. наук, профессор, профессор каф. профилактической медицины и охраны здоровья СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Irek.Yakubova@szgmu.ru

Хурцилава Отари Гивесевич, доктор мед. наук, профессор, президент СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, профессор каф. общественного здоровья, экономики и управления здравоохранением, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: rektorat@szgmu.ru

About the authors

Daria O. Stefanovich, PhD student (year 2), assistant, head, Laboratory of general and military hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4105-7540> E-mail: Daria.Stefanovich@szgmu.ru

Liliya A. Alikbaeva, DSc (Medicine), professor, head, Department of general and military hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2266-5041> E-mail: Liliya.Alikbaeva@szgmu.ru

Sofia A. Filatova, student (year 6), Institute of Preventive Medicine, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0002-4146-6678> E-mail: Sofia.Filatova@szgmu.ru

Irek Sh. Yakubova, DSc (Medicine), professor, professor, Department of preventive medicine and health protection, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2437-1255> E-mail: Irek.Yakubova@szgmu.ru

Otari G. Khurtsilava, DSc (Medicine), professor, President of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation, Professor of the Department of public health, economics and health management, <https://orcid.org/0000-0002-7199-671X> E-mail: rektorat@szgmu.ru